

# 绿氢：新兴的能源载体

欧阳明高

## 院士讲科普

今年的《政府工作报告》提出，建立未来产业投入增长和风险分担机制，培育发展未来能源、量子科技、生物制造、具身智能、脑机接口、6G等未来产业。在“十五五”规划纲要中，氢能核聚变能被列入未来产业。

氢能产业为何被视为未来产业？绿氢为何成为新兴的能源载体？本期“院士讲科普”，我们邀请中国科学院院士、国际氢能燃料电池协会理事长欧阳明高，讲解我们身边的氢能及相关前沿科技。

——编者



▲山东清洁能源产业博览会上的100公斤级氢能无人机模型。

孙文潭摄(人民视觉)

在上一次能源革命中，石油是主要能源，而汽油、柴油是主要的能源载体。当前，新能源革命正在兴起，可再生能源成为主要能源，电和氢成为主要的能源载体，其中绿电是主体。而绿氢主要来自绿电，同时将绿电转化为零碳燃料和原料，用于各行各业，是实现碳中和的关键途径之一。

## 氢能技术取得哪些突破

氢能的技术链条很长，包含可再生能源发电、制氢、转换、存储、运输、应用等多个环节，需要复杂完备的技术体系。让我们先回到绿氢产业链的源头——电解水制氢这一节点上，由于氢燃料电池和电解水制氢在系统组成、基本原理等方面具有相同的科学基础，在氢燃料电池产业基础上，我们可以更好地推动电解水制氢产业发展。截至2025年，我国已经建立起电解水制氢设备产业链，国产碱性电槽具有极高性价比，已出口海外。展望未来，碱性电解、质子膜电解、固体氧化物电解等电解水制氢技术将给氢能领域技术创新带来活力。

在基于氢-电相互转化的新型零碳能源体系中，来自可再生能源的绿电是主体，但绿氢必不可少。一方面，人类生存和发展还需要大量物质材料和燃料，绿氢与碳结合可以通过碳循环方式满足这些需求；另一方面，绿氢与氮结合，也能以氮循环方式满足人类对除氢能以外新型零碳燃料的需求。

## 绿氢如何大规模商业化发展

绿色氢能在能源转型与新能源革命中具有战略价值，由此催生了“氢能热”，与此同时，我们也需要冷静思考。绿色氢能取得规模化商业价值并非易事。由于绿色氢能“生产—运输—储存—利用”的链条长、环节多，每个环节还有多种选择，仅仅是燃料电池和制氢技术的突破并不能打通整个氢能技术链和产业链。如何实现绿色氢能的大规模商业化，是技术突破后的“下一步”。

一方面，可以余电制氢。简单来说，电是可再



▲国氢科技自主研发的120千瓦“氢腾”燃料电池系统。 国家电投国氢科技供图

生能源的直接利用形式，而氢能是间接利用形式，所以氢是终极燃料但不是终极能源。绿氢来自绿电，随着风电、光伏大规模发展，电有可能会过剩，因此余电制氢潜力很大。

另一方面，还可以采取多能互补的方式。电和氢具有各自优势和局限，为了实现绿氢利用的经济性，需要氢电融合发展。氢电融合发展不仅包括氢和电，还需要融合储和热，实行“光—储—氢—电—热”一体化。

此外，还可以因地制宜、场景驱动。储氢技术多元，没有标准答案，需要根据具体场景进行合理选择。例如，光伏、风电过剩时，煤电调峰电厂也需要减少负荷，煤电低负荷灵活性调节的难点是锅炉燃烧不稳定，而高品质氢燃料正好满足这一需求。如果附近有煤化工基地，氢气可以作为原料与煤提供的碳源合成各种化工产品。附近的零碳产业园还可以用氢发电作为备用机组，同时用制氢和氢发电的废热通过热泵供暖，提高氢能应用的经济性。

(作者为中国科学院院士、国际氢能燃料电池协会理事长)

## R链接

### 燃气轮机换上“氢心脏”

我国自主研发的30兆瓦级纯氢燃气轮机及氢储能示范项目前不久取得突破——机组实现纯氢发电并保持稳定运行。项目融合风电、光伏、电解水制氢系统，构建了“绿电制绿氢、绿氢再发电”的能源转化模式。

纯氢燃气轮机可以理解为将传统的燃气轮机换上“氢心脏”，具备快速启停及响应、调节时间尺度广、调节功率

范围宽等优势。与同功率火力发电机组相比，该纯氢燃气轮机一年可减少碳排放超过20万吨，联合循环一小时发电量4.8万千瓦时，可满足约5500个家庭一天的用电需求。未来，纯氢燃气轮机技术有望在分布式能源、工业园区综合供能、绿色数据中心备用电源等场景应用。

(本报记者 丁怡婷)

### 南极有个能抗冻的神奇电池

在中国南极秦岭站，有一种能抵御严寒的神奇电池——由国家电投国氢科技研发的“氢腾”燃料电池。这种电池是站内新能源微电网的重要一员。

在微电网运行中，当风光发电条件较好时，多余的电力可用于制氢，通过存储氢气实现储能；风光发电条件不好时，通过氢燃料电池将氢气转换为电能和热能，可为站区提供约2.5小时、最大150千瓦的供电。

相比于传统化石燃料发电，“氢腾”燃料电池每发1千瓦时电，可节约400克标准煤，减少约1千克二氧化碳排

放。更酷的是，它可以像积木一样灵活组合、模块化扩展，功率能从50千瓦扩展到几十兆瓦。它也特别耐用，设计寿命可达4万小时。氢燃料电池在南极秦岭站的稳定运行，证明它即使在极端低温下也靠得住。

接下来，“氢腾”燃料电池还将走进更多地方：为社区和工业园区供能，成为电厂、数据中心、医院的应急电源，这个神奇电池会在越来越多场景里助力降碳减排，让我们的用能方式更清洁、更高效。

(本报记者 李蕊)

## 我国首艘集成式大型压裂船交付

本报北京电 (记者丁怡婷)我国首艘自主设计建造的集成式大型压裂工程船——“海洋石油696”近日在浙江舟山正式交付，填补了我国海上油气压裂增产技术与工程装备的空白。

“海洋石油696”船长99.8米，型宽22米，甲板面积相当于3.5个篮球场大小，船舶尺寸在全球同类型船舶中位列第一。船舶配备了全套压裂设备，可执行高排量、高功率的海上大规模压裂作业，凭借高度集成化、智能化的优势，总体性能达到全球同类型船舶领先水平。

中国海油天津公司工程技术作业中心相关负责人介绍，“海洋石油696”拥有强大的连续作业能力和物料储备能力，每分钟可泵注12立方米砂浆，相当于两秒钟注满一个家用浴缸，作业效率提升近40%，以往难动用的油气资源成为可高效开发的“新阵地”，将有力推动我国海洋低渗透油气资源的开发进程。这艘压裂船交付后，将奔赴渤海等海域开展海上油气压裂增产作业。

## 昌平实验室研究团队发现帕金森病关键靶点 我国在帕金森病治疗领域取得重大突破

本报记者 王洲

### R探一线

动作迟缓、肌肉僵硬、走路不稳，并伴随睡眠、记忆减退和情绪问题……帕金森病是一种常见的神经退行性疾病。

长期以来，药物治疗和脑刺激疗法是治疗该病的主要手段，但均存在局限：长期药物治疗易产生耐药性，药物治疗5至10年后，运动并发症相关风险发生率高达57%至90%；而脑刺激疗法则需在脑部植入电极，风险和成本都比较高，即便是无创脑刺激疗法，也存在靶点不明、疗效不稳定等短板。

最近，位于北京的昌平实验室的最新研究成果为帕金森病的临床治疗提供了新依据和新手段。

在昌平实验室，一台7T核磁共振设备正在对志愿者进行头部扫描。一旁的屏幕上，随

着脑部活动变化，志愿者的血氧、脉搏等数据实时显示。“设备利用高场强核磁共振技术进行功能成像，结合生理信号检测，能够精准识别大脑的不同功能区。”项目参与人任建勋介绍，通过分析超800例临床影像数据，团队发现帕金森病患者的躯体认知网络与基底节、丘脑等关键脑区存在连接异常增强。

“‘异常强连接’是造成患者躯体认知环路失调，进而导致患者运动症状、运动启动与协调障碍，以及生理与自主神经功能异常的重要机制。”昌平实验室教授刘河生介绍，该结论在后续试验中进一步被证实。目前已知对帕金森病有效的治疗手段，其共同点均为改善这一环路异常。

“这项发现的临床意义在于找到了无创脑刺激治疗的靶点，从而让治疗更精准有效。”刘河生说。前不久，由他和团队牵头，北京大学、清华大学、河南省人民医院等10余

家科研与临床机构共同参与的相关研究成果在国际学术期刊《自然》发表，实现我国在帕金森病治疗领域的重大突破。

研究团队依托自主研发的个体脑功能剖分技术，为每名患者“量身定制”毫米级精度的脑神经网络地图，靶向治疗有了精准定位。在昌平实验室“神经退行性疾病诊疗展示区”，精准脑环路刺激系统映入眼帘。“系统后台接收核磁共振数据，摄像头进行头部空间定位，通过搭载的算法实现二者‘拟合’，再通过靶点精准定位，大大提升治疗的针对性、精准性。”任建勋说。

“产学研一体化平台，将临床医院、科研力量、工程制造等单位聚合，让研究有样本、成果转化。”刘河生介绍，目前，设备已获国家医疗器械注册证，在多家医疗机构投入临床治疗。“希望这项技术能够改变帕金森病的治疗模式，未来惠及更多患者。”昌平实验室主任谢晓亮说。

## R唠『科』

在探索生命演化的历程中，人们常常将目光投向保存着生物躯体的实体化石。还有一类珍贵的遗迹化石保留的并非生物本身，而是地质历史时期生物在沉积物表面或内部留下的生命活动痕迹，例如足迹、爬迹、潜穴、钻孔等。遗迹化石记录着远古生命活动的“行为档案”，为我们解开地球生命的演化谜题提供了线索。

现生动物的祖先，大多可追溯至距今约5.39亿年前的寒武纪生命大爆发。在距今约6.35亿年至5.39亿年的埃迪卡拉纪，一些早期的显生宙生物可能已经悄然出现。它们体形较小、身体柔软，难以保存为实体化石。这些柔软生命在海底移动、觅食时留下的行为痕迹，却可能在适宜的条件下“封印”于沉积物中，留存至今。

在湖北三峡地区的石板滩生物群，就保存了一部记录埃迪卡拉纪晚期(约5.5亿年前)生命活动的“生活日志”。

2018年，中国科学院南京地质古生物研究所领衔的国际团队，在三峡埃迪卡拉纪地层发现了“地球上最早的脚步”。这表明，在寒武纪生命大爆发之前，已有具备附肢的动物在远古海洋迈出探索“第一步”。

2019年，团队又在三峡埃迪卡拉纪地层发现了远古动物夷陵虫的躯体化石及其爬痕迹。这一发现是夷陵虫属于动物的确凿证据，并将这类具备运动能力的复杂动物出现时间又向前推进了约1000万年。

最新研究还发现了远古动物的“地下公寓”——一系列复杂的三维潜穴，包括锯形迹、多山迹等。它们是远古动物在海底泥沙中通过“钻、掘、挖、住”等方式，向地下深处开拓的立体工程。这些遗迹化石，是目前最古老的复杂三维动物洞穴化石之一。

这些“地下公寓”呈现多种“户型”：有的是“之”字形或阶梯状，有的是包含“前厅”“通道”“餐厅”等多种功能结构的“复式公寓”。

这一发现，颠覆了我们对远古动物能力的认知。此前，学界普遍认为埃迪卡拉纪的生物大多只在海底表面留下简单的爬痕或浅层水平潜穴，直到寒武纪时，生物才逐渐发展出垂直或斜向挖掘沉积物的能力。而这些精心构造的地下通道网络表明，当时动物已具备相当复杂的神经系统与肌肉协调能力，能够有计划地探测、觅食与栖息。

远古的动物会打洞，这促成了地球生态史上一次影响深远的变革：这些远古“工程师”通过持续挖掘行为，打破了海底原有的微生物席基底，将坚实的“席底世界”改造为松软的“混合底世界”，改变了氧气和营养物质的循环、分布。这一转变为后来寒武纪大量生物“集体登场”搭建了全新的生态舞台。

(作者为中国科学院南京地质古生物研究所研究员，本报记者姚青整理)

## 我国在超高强度碳纤维生产领域实现重大跨越

据新华社北京电 (记者王优玲)中国建材集团近日在北京发布我国自主研发的SYT80(T1200级)超高强度碳纤维。这一研发成果标志着我国在超高强度碳纤维生产领域实现了重大跨越。

此次发布的SYT80超高强度碳纤维，工程化拉伸强度突破8000兆帕，是全世界第一款实现量产的T1200级碳纤维产品，达到了行业全球顶尖水平。

SYT80超高强度碳纤维由中国建材集团所属中复神鹰自主研发，实现了T1200级碳纤维量产制备。SYT80超高强度碳纤维的拉伸强度是普通钢材的10倍，密度仅为钢材的1/4，可广泛应用于高铁、商业航天、新能源等领域。

## 我科学家发现禽流感跨物种传播机制

本报杭州电 (记者龚海洋)浙江大学于晓方教授团队近日在限制禽流感病毒跨物种传播方面取得学术突破，揭示了人体先天免疫系统中一条关键防御通路。该研究推进了病毒感染与跨物种传播防控研究，也为肿瘤免疫和自身免疫系统相关机制研究提供了全新工具。

研究团队发现，cGAS—STING在流感病毒感染过程中可被激活，并通过NF-κB信号通路抑制病毒复制，构成人类抵御流感病毒的先天免疫屏障。NF-κB信号通路能调控产生一类全新的抗病毒分子(NSGs)，其中“GADD34”是关键“卫士”，它在人体呼吸系统中大量存在，能直接抑制流感病毒的基因组复制。

禽流感病毒为何能偶尔跨物种传播给人类？研究团队总结：病毒的M1蛋白是关键，人源流感病毒的M1蛋白能对抗人体的上述抗病毒通路，而禽源流感病毒的M1蛋白虽不具备该能力，但当禽源流感病毒M1蛋白第115位氨基酸发生特定突变后，其对抗人体免疫屏障的能力会大幅提升，故能在人体细胞中复制，实现跨物种传播。

## 江西一多齿齿断类新属种揭示该类群演化复杂性

本报南昌电 (记者杨颜菲)中国科学院古脊椎动物与古人类研究所、云南大学生命科学学院脊椎动物演化研究中心和国外高校组成的联合研究团队，近日在江西赣州盆地发现了7000多万年前晚白垩世的一大型杂食性多齿齿断类新属种——方氏异齿断。

研究人员发现，方氏异齿断具有独特的异型齿牙齿特征：前部牙齿细小、尖锐且呈圆锥状，适合抓取猎物；后部牙齿的冠部在近中端、远中端和舌侧显著扩展并在冠面形成小尖，小尖间由峭相连并形成锯齿状。这些牙齿能够剪切和研磨食物，由此推断方氏异齿断能够处理植物性和动物性食物。

这种复杂的牙齿特征在亚洲多齿齿断类中尚属首次发现，这不仅填补了亚洲多齿齿断类在杂食性生态位上的空白，也为研究白垩纪末期生物多样性与生态系统演化提供了重要实证。